

### Pneumatische Flächenstruktur

Die vorliegende Erfindung betrifft ein pneumatisches Plat-  
tenelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

5 Pneumatische Bauelemente oder Träger, bestehend aus einem  
aufblasbaren Hohlkörper sowie getrennten Elementen zur Auf-  
nahme von Druck- und Zugkräften, sind bekannt. Den nächsten  
Stand der Technik repräsentiert WO 01/73245 (D1).

Der druckbeaufschlagte Hohlkörper dient in D1 in erster Linie  
10 dazu, das Druckelement zu stabilisieren und es am Ausknicken  
zu hindern. Dazu wird das Druckelement über einen Teil oder  
seine volle Länge mit der Membran des Hohlkörpers kraft-  
schlüssig verbunden.

Ausserdem wird durch den Hohlkörper die Höhe der Trägerele-  
15 mente definiert, und ferner werden die Zug- und Druckelemente  
räumlich voneinander getrennt. Die im Dokument D1 offenbarte  
Konstruktion erlaubt die Fertigung sehr leichter und dennoch  
steifer und tragfähiger pneumatischer Strukturen. Trotzdem  
weist das obengenannte pneumatische Bauelement einige Nach-  
20 teile auf. Die Zugkräfte in der Membran des Hohlkörpers kön-  
nen im Bereich der Verbindung Membran-Druckelement bezüglich  
Reissfestigkeit hohe Anforderungen an diese Verbindung stel-  
len. Zudem wird die konstruktive Ausbildung dieser Verbindung  
sehr aufwändig und dadurch auch teuer. Die möglichen Hohlkör-  
25 perquerschnitte der Bauelemente beschränken sich im Wesentli-  
chen auf Kreise. Beim in D1 offenbarten Trägerelement handelt  
es sich im Wesentlichen um eine eindimensionale Tragstruktur.  
Für grosse Flächen abdeckende Dachkonstruktionen, also im We-  
sentlichen zweidimensionale Tragstrukturen, ist eine zusätz-  
30 liche, zwischen oder über Trägerelemente gespannte, Dachmem-  
bran nötig. Weiter ist die Membranfläche des Hohlkörpers  
gross im Vergleich zur durch ihn bedeckten Fläche (Für kreis-  
förmige Querschnitte gilt:  $\text{Umfang/Durchmesser} = \pi$ , also ca.  
3.14 m<sup>2</sup> Membran pro m<sup>2</sup> bedeckter Fläche), was sich wiederum  
35 in relativ hohen Kosten niederschlägt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein  
pneumatisches Tragstrukturelement zu schaffen, welches die  
oben erwähnten Nachteile der bekannten Konstruktionen elimi-

niert und welches als grossflächige zweidimensionale Tragstruktur ausgebildet sein kann.

Die Lösung der gestellten Aufgabe ist wiedergegeben im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 hinsichtlich ihrer  
5 Hauptmerkmale, in den folgenden Patentansprüchen hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausbildungen.

Anhand der beigefügten Zeichnungen wird der Erfindungsgegenstand näher erläutert.

Es zeigen

10

Fig. 1a,b ein erstes Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Plattenelementes in Längs- und Querschnitt,

15

Fig. 2 eine Veranschaulichung des statischen Prinzips anhand eines Balkens in Seitenansicht,

Fig. 3-5 verschiedene Anordnungsmöglichkeiten für die vorgespannten Zugelemente im Seitenansicht,

20

Fig. 6-8 verschiedene Varianten für gasdichte Durchführung der vorgespannten Zugelemente durch die Membran des Hohlkörpers im Längsschnitt,

25

Fig. 9,10 zwei Ausführungsbeispiele für die Durchführung der vorgespannten Zugelemente durch den Hohlkörper im Längsschnitt,

30

Fig. 11-13 verschiedene Anordnungsmöglichkeiten der vorgespannten Zugelemente im Querschnitt,

Fig. 14-17 verschiedene Formvarianten von pneumatischen Plattenelementen im Längsschnitt,

35

Fig. 18 ein Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes, dessen Form sich von der des Hohlkörpers unterscheidet, im Längsschnitt,

- Fig. 19 ein Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes mit mehreren quer zur Richtung der Druck/Zugelemente gerichteten Hohlkörpern im Längsschnitt,
- 5 Fig. 20 ein Ausführungsbeispiel eines teilbaren Plattenelementes in geteiltem Zustand im Längsschnitt,
- Fig. 21 ein Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes mit in nur einer Richtung angeordneten Druck-/Zugelementen in isometrischer Darstellung,  
10
- Fig. 22 ein Ausführungsbeispiel mit Druckplatten mit veränderlichem Querschnitt in isometrischer Darstellung,  
15
- Fig. 23 ein Ausführungsbeispiel mit Aussteifungen der Druckelemente in Querrichtung als Isometrie,
- Fig. 24 ein Ausführungsbeispiel mit einer einzigen, grosse Aussparungen aufweisenden Druckplatte als Isometrie,  
20
- Fig. 25 ein Ausführungsbeispiel eines Plattenelements mit in zwei Richtungen angeordneten Druck/Zugelementen als Isometrie,  
25
- Fig. 26 ein Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes mit polygonaler Anordnung der Druck/Zugelemente in Isometrie,  
30
- Fig. 27 ein Ausführungsbeispiel eines Daches bestehend aus einem Plattenelement als Isometrie,
- Fig. 28 eine Kombination mehrerer polygonaler Plattenelemente in Vogelperspektive,  
35
- Fig. 29 eine Kombination mehrerer rechteckiger Plattenelemente als schematische Isometrie,

- Fig. 30 eine Kombination zweier rechteckiger Plattenelemente als schematische Isometrie,
- 5 Fig. 31a,b ein Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes mit Druck/Zuggittern als schematische, explodierte Isometrie und in Draufsicht,
- 10 Fig. 32 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes mit Druck/Zuggittern in Draufsicht.
- Fig. 1a, b zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Plattenelementes 1. Fig 1a zeigt das pneumatische Plattenelement 1 im Längsschnitt BB, Fig. 1b im Querschnitt
- 15 AA. Zwei Druck/Zugelemente 2 sind an ihren Enden kraftschlüssig miteinander verbunden und umschliessen einen Hohlkörper 3, welcher aus einer flexiblen Membran 9 gefertigt ist und mit Druck beaufschlagt werden kann. Die Membran 9 kann infolge der geringen auf sie wirkenden Zugspannungen beispielsweise aus hochtransparenten und sehr dünnen Folien aus teilfluorierten thermoplastischen Kunststoffen (beispielsweise ETFE, Ethylen-Tetrafluor-Ethylen) gefertigt werden.
- 20 Die Druck/Zugelemente 2 sind sowohl für die Aufnahme von Zugkräften als auch von Druckkräften geeignet und bestehen beispielsweise aus Stahl oder Holz. Die beiden Druck/Zugelemente 2 sind in beispielsweise regelmässigen Abständen a mittels reiner, nur Zugkräfte aufnehmender Zugelemente 4 kraftschlüssig miteinander verbunden. Diese Zugelemente 4 durchdringen den Hohlkörper 3. Sie werden beispielsweise durch gasdichte,
- 30 den Hohlkörper 3 durchtunnelnden Kanäle 5 geführt. Der Hohlkörper 3 ist nicht mit den Druck/Zugelementen 2 verbunden. Das pneumatische Plattenelement 1 wird im Wesentlichen im Bereich der kraftschlüssigen Verbindung der Druck/Zugelemente 2 auf einem Auflager 17 gelagert.
- 35 Wird der Hohlkörper 3 mit Druck beaufschlagt, so werden die Druck/Zugelemente 2 auseinandergedrückt und die Zugelemente 4 vorgespannt. Wird das Plattenelement 1 transversal belastet, so wirken auf das oberhalb des Hohlkörpers 3 liegende

Druck/Zugelement 2 Druckkräfte und auf das unter dem Hohlkörper 3 durchführende Druck/Zugelement 2 Zugkräfte. Das auf Druck belastete Druck/Zugelement 2 tendiert unter Last dazu auszuknicken. Eine Verbindung 6 zwischen den  
5 Druck/Zugelementen 2 und den vorgespannten Zugelementen 4 wirkt als Zwischenaufleger 18 für die Druck/Zugelemente 2 und macht aus dem auf Druck beanspruchten Druck/Zugelement 2 statisch gesehen einen Druckstab oder eine Druckplatte mit je nach Vorspannung der Zugelemente 4 und je nach Grösse der  
10 transversal wirkenden Lastkraft  $F$  festen oder elastischen Zwischenauflagern 18. Die statisch im Wesentlichen äquivalente Situation ist in Fig. 2 zur Veranschaulichung dargestellt anhand eines Balkens, welcher zwischen den zwei Auflagern 17 auf mehreren festen Zwischenauflagern 18 zwischengelagert  
15 ist.

Im Folgenden werden der Einfachheit halber für die pneumatischen Plattenelemente 1 einseitige Belastungssituationen, beispielsweise durch Gravitationskräfte  $F$ , angenommen. Daher werden die in der Regel oben liegenden auf Druck beanspruchten Druck/Zugelemente 2 als Druckelemente 7 und die in der  
20 Regel unteren auf Zug beanspruchten Druck/Zugelemente 2 als Zugelemente 8 bezeichnet. In Fällen, in welchen sich diese einseitige Lastsituation nie umkehrt, kann das stets auf Zug belastete Druck/Zugelement 2 selbstverständlich auch als reines  
25 Zugelement 8 ausgebildet sein, welches ausschliesslich auf Zug beansprucht wird und beansprucht werden kann. Beispielsweise kann dafür ein Seil oder ein Kabel verwendet werden. Bei Dächern kann jedoch durch Windsog das Gewicht der Dachkonstruktion überkompensiert werden und so auch bei den  
30 unteren Druck/Zugelementen 2 zu einer Beanspruchung auf Druck führen. Wechselnde Druck- oder Zugbeanspruchungen der Druck/Zugelemente 2 ergeben sich auch bei vertikal errichteten Plattenelementen, beispielsweise bei Verwendung als Wände.

35 Solange die Vorspannkraft des vertikalen Zugelementes 4 grösser ist als die Stabilisierungskraft, welche benötigt wird, um ein Ausknicken des Druckelementes 7 zu verhindern, verhalten sich die Verbindungen 6 wie fiktive feste Zwischenaufla-

- ger. Auslenkungen im Punkt der Verbindungen 6 ergeben sich erst, wenn die benötigte Stabilisierungskraft die Vorspannkraft des vorgespannten Zugelementes 4 übersteigt. Der Überdruck  $p$  im Hohlkörper 3, der Abstand  $a$  zwischen den vorgespannten Zugelementen 4 sowie die Breite und Höhe des Druckelementes 7 werden bei gegebener Belastung des Plattenelementes 1 so gewählt, dass die Vorspannkraft immer wesentlich grösser ist als die für die Verhinderung des Ausknickens benötigte Stabilisierungskraft. Dabei gilt, je kleiner die Abstände  $a$  werden desto kleiner wird auch die das Druckelement 7 stabilisierende Vorspannkraft der vorgespannten Zugelemente 4. Je grösser die Abstände  $a$  sind, desto grösser wird zwar diese stabilisierende Vorspannkraft, aber gleichzeitig vergrössert sich die unstabilisierte, ungelagerte Länge im Druckelement 7, was bereits bei kleineren axialen Druckkräften auf das Druckelement 7 ein Ausknicken desselben zur Folge hat. Die stabilitäts- und gewichtsmässig beste Verteilung und Anzahl der vorgespannten Zugelemente 4 kann von Fall zu Fall numerisch optimiert werden.
- Die Fig. 3-5 zeigen verschiedene Varianten, wie die Zugelemente 4 zwischen die Druck/Zugelemente 2 gespannt werden können. Der Hohlkörper 3 ist in diesen Figuren nicht dargestellt. Fig. 3 zeigt verschiedene Neigungswinkel der Zugelemente 4 und mehrere Zugelemente 4, die im Wesentlichen am gleichen Punkt mittels einer Verbindung 6 mit dem Druckelement 7 verbunden sind. Die Fig. 4 zeigt eine Anordnung vorgespannter Zugelemente 4 mit einer vertikalen Symmetrieebene und Fig. 5 mit einer horizontalen und einer vertikalen Symmetrieebene. Die Symmetrieebenen sind mit Strich-Punkt-Linien angedeutet.
- Fig. 6-8 zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele, wie das Detail der Verbindung zwischen der Membran 9 und dem vorgespannten Zugelement 4 gelöst werden kann. Die Fig. 6 und 7 zeigen Varianten bei denen diese Verbindung in axialer Richtung des Zugelementes 4 kraftschlüssig ausgeführt ist. In Fig. 6 erfolgt die Verbindung durch Kleben oder Schweissen und in Fig. 7 durch ein Verbindungsstück 10, welches das vorgespannte Zugelement 4 mit dem Druck/Zugelement 2 verbindet und

gleichzeitig die Durchführung durch die Membran 9 gasdicht und kraftschlüssig abschliesst. Das Verbindungsstück 10 kann beispielsweise aus extrudiertem PVC oder aus Metall gefertigt sein.

- 5 Fig. 8 zeigt eine Variante, mit entlang dem Zugelement 4 beweglichen gasdichten Öffnung in der Membran 9. Eine Öse 11 ist in die Membran 9 eingearbeitet, und mittels einer Dichtung 12 wird die Durchführung des vorgespannten Zugelementes 4 gasdicht verschlossen.
- 10 In Fig. 9 ist der Längsschnitt durch ein Plattenelement 1 im Bereich eines vorgespannten Zugelementes 4 dargestellt. Es handelt sich um dieselbe Variante der Durchführung dieser Zugelemente 4 durch den Hohlkörper 3, wie in den Fig. 1a, b dargestellt. In den Hohlkörper 3 ist ein Kanal 5 eingearbei-
- 15 tet, durch welchen das Zugelement 4 hindurch gezogen wird. Fig. 10 zeigt den Längsschnitt einer solchen Durchführung mit Kanal 5 im Detail. Ein Endstück 13 weist eine Öffnung zur Aufnahme eines Zugelementes 4 auf. Auch das Endstück 13 kann beispielsweise preiswert aus extrudiertem PVC hergestellt
- 20 werden. Es verfügt zudem über eine Vorrichtung zum gasdichten Einklemmen der Membran 9. Es ist auch möglich, das Endstück 13 mit der Membran 9 durch Kleben oder Schweissen zu verbinden. In diesem Fall muss das Endstück 13 keine Membranklemm-
- 25 vorrichtung aufweisen. Ein auf zwei Endstücke 13 aufgesteckter Schlauch 14 bildet den Kanal 5, in welchem Umgebungsdruck herrscht. Dem Fachmann sind weitere Möglichkeiten bekannt, wie ein solches Endstück 13 mit Membranklemmvorrichtung und daran angebrachtem Rohr 19, beispielsweise ein aufgesteckter Schlauch 14, ausgeführt werden kann. Die zwei mit einem Rohr
- 30 19 oder Schlauch 14 verbundenen Endstücke 13 sind so dimensioniert, dass sie durch eine Öffnung in der Membran 9 ins Innere des Hohlkörpers 3 eingeführt und von Innen her mit der Membran 9 verbunden werden können.
- Die Fig. 11-13 zeigen verschiedene Varianten für die Anord-
- 35 nung der vorgespannten Zugelemente 4 im Querschnitt. Es können, wie in Fig. 11 gezeigt, auch mehr als ein Zugelement 4 nebeneinander durch den Hohlkörper 3 hindurchgeführt werden. Zudem können ausserhalb des Hohlkörpers 3 vorgespannte Zuge-

- lemente 4 die Druck/Zugelemente 2 miteinander verbinden (Fig. 12, Fig. 13). Bei plattenförmigen Druck/Zugelementen 2 ist es ausserdem denkbar und erfindungsgemäss, mehrere rohrförmige Hohlkörper 3 in Richtung der Druck/Zugelemente 2 nebeneinander zwischen den Druck/Zugelementen 2 anzuordnen (Fig. 13).
- In den Fig. 14-17 sind verschiedene mögliche Längsschnittformen für pneumatische Plattenelemente 1 gezeigt, wobei lediglich Druck/Zugelemente 2 und die Zugelemente 4 schematisch dargestellt sind. Fig. 14 zeigt einen im Wesentlichen rechteckigen Längsschnitt, bei welchem die beiden Druck/Zugelemente 2 zum grössten Teil parallel verlaufen. Fig. 15 zeigt einen symmetrisch linsenförmigen Längsschnitt und Fig. 16 einen asymmetrischen linsenförmigen Längsschnitt. Auch bogenförmige Längsschnitte, wie in Fig. 17 gezeigt, sind möglich.
- Die Fig. 18 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Plattenelementes 1, bei welchem sich im Längsschnitt die Form des Hohlkörpers 3 und der durch die Druck/Zugelemente 2 definierte Zwischenraum unterscheiden. Der Hohlkörper 3 kann auch nur einen Teil dieses Zwischenraums ausfüllen.
- Die Fig. 19 zeigt ein Plattenelement 1 mit mehreren rohrförmigen Hohlkörpern 3, welche, im Gegensatz zum in Fig. 13 abgebildeten Ausführungsbeispiel, quer zur Richtung der Druck/Zugelemente 2 angeordnet sind.
- Das in Fig. 20 gezeigte Plattenelement 1 ist in Richtung der Druck/Zugelemente 2 in mehrere Segmente aufgeteilt. Die Teile sind in getrenntem Zustand im Längsschnitt gezeigt. Die Einzelteile werden durch kraftschlüssige, biegesteife Verbindungen mit Hilfe von Verbindungsstücken 20 zu einem vollständigen Druck/Zugelement 2 verbunden. Die Teilung ergibt Vorteile im Hinblick auf eine gute Transportierbarkeit der Elemente. Generell gilt, dass alle Druck/Zugelemente 2 der vorangehenden und folgenden Beispiele auch teilbar ausgeführt sein können.
- In den folgenden Figuren werden einige mögliche Ausführungsbeispiele pneumatischer Plattenelemente 1 oder Kombinationen von Plattenelemente 1 gezeigt. Aus den Beispielen ist ein weiterer Vorteil gegenüber dem Stand der Technik ersichtlich,



es können nämlich nicht nur im Wesentlichen röhrenförmige Träger gebaut werden, sondern die offenbarte Bauweise mit vorgespannten vertikalen Zugelementen 4 erlaubt eine grössere Gestaltungsfreiheit und Formenvielfalt. Insbesondere erlaubt  
5 sie die Herstellung flächiger, plattenförmiger Träger.

Die Fig. 21 zeigt schematisch eine Isometrie eines pneumatischen Plattenelements 1 mit parallel in eine Richtung verlaufenden Druck/Zugelementen 2. Die Druck/Zugelemente 2 bilden Paare, wobei ein Druck/Zugelement 2 oberhalb des Hohlkörpers  
10 3 und ein Druck/Zugelement 2 unterhalb des Hohlkörpers 3 liegt. Der einzige Hohlkörper 3 erzeugt die Vorspannung der Zugelemente 4 der drei Paare von Druck/Zugelementen 2. In der schematischen Darstellung sind nur die Druck/Zugelemente 2 und, mit zusätzlichen Linien veranschaulicht, der Hohlkörper  
15 3 dargestellt. Zwischen den ein Paar bildenden Druck/Zugelementen 2 verlaufen, in dieser und den folgenden Figuren nicht dargestellt, die vorgespannten Zugelemente 4.

In Fig. 22 werden als Druckelemente 7 drei Druckplatten mit sich gegen die Mitte hin verjüngendem Querschnitt verwendet.  
20 An ihren aufliegenden Enden bilden die drei Druckplatten eine ununterbrochene durchgehende Kante.

In Fig. 23 sind die Druckelemente 7 zusätzlich mit Querstreben 15 und Windverbänden 16 ausgesteift. Und in Fig. 24 ist schliesslich noch ein Ausführungsbeispiel dargestellt, welches ein einziges plattenförmiges Druckelement 7 mit grossen Aussparungen aufweist. Die Aussparungen können beliebige Grösse, Anordnung, Zahl und Form haben und dienen in erster Linie der Gewichtsreduktion. An diesem Ausführungsbeispiel ist gut erkennbar, dass Druck/Zugelemente nicht notwendigerweise als Paare vorkommen müssen. Ein einziges plattenförmiges Druckelement 7 kann an seinen Enden mit mehreren Zugelementen 8 oder Druck/Zugelementen 2 verbunden sein.  
30

Die Fig. 25-27 zeigen Ausführungsbeispiele pneumatischer Plattenelemente 1 mit Druck/Zugelementen 2, welche in zwei  
35 oder mehr Richtungen angeordnet sind. In Fig. 25 bilden vier Paar Druck/Zugelemente 2 ein Kreuz, welches durch den Hohlkörper 3 zu einer achteckigen Fläche ergänzt wird. Die

Druck/Zugelemente 2 sind hier orthogonal zueinander angeordnet.

Die Fig. 26 zeigt ein Beispiel für ein Plattenelement 1 mit polygonalem Grundriss. Die drei Paare von Druck/Zugelementen 2 sind sternförmig angeordnet. Die Winkel zwischen den Paaren von Druck/Zugelementen 2 können beliebig gewählt werden. Ausserdem können die Druck/Zugelemente 2 sich in unterschiedlichen und mehreren Punkten kreuzen.

Fig. 27 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Plattenelementes 1 mit Druck/Zugelementen 2, angeordnet in zwei Richtungen. Drei aneinandergefügte Kreuze, gebildet aus je zwei Paaren von Druck/Zugelementen 2, bilden zusammen mit einem Hohlkörper 3 ein grosses rechteckiges Plattenelement 1. Jedes Druckelement 7 muss an beiden Enden auf einem Auflager 17 aufliegen. Die Funktion des Auflagers 17 kann für ein Dach beispielsweise durch Stützen übernommen werden.

In Fig. 28 ist in Vogelperspektive dargestellt, wie Plattenelemente 1 mit hexagonalem Grundriss beliebig zu grösseren zusammenhängenden Flächen kombiniert werden können.

In den Fig. 29, 30 sind weitere Kombinationsmöglichkeiten mehrerer Plattenelementen 1 zu grösseren Flächenstrukturen dargestellt, basierend auf rechteckigen Plattenelementen 1. Die Fig. 29 zeigt eine Fläche in schematischer isometrischer Darstellung, zusammengefügt aus sechs Plattenelementen 1 mit Druck/Zugelementen 2 angeordnet in zwei Richtungen. In Fig. 30 ist dieselbe Fläche aus zwei Plattenelementen 1 mit Druck/Zugelementen 2 angeordnet in vier Richtungen schematisch mittels der Druck/Zugelemente 2 dargestellt.

Beispielsweise bei Dächern können durch eine oder mehrere horizontal in den Hohlkörper 3 eingezogene und allenfalls mit textilen Stegen positionierte Membranen die Isolationsfähigkeit des Plattenelementes 1 infolge Reduktion des konvektiven Wärmetransportes stark erhöht werden. Ein grosser Hohlkörper 3 kann aus Sicherheitsgründen in mehrere gegeneinander luftdichte Kammern unterteilt werden, so dass bei Verletzung der Membran nicht der ganze Hohlkörper 3 einen Druckverlust erfährt, sondern dass das Versagen nur eine oder einen Teil der Kammern betrifft. Die Beaufschlagung mit Druckluft kann bei

Hohlkörpern 3 mit einer Ausdehnung von mehr als 10 m infolge der kleinen notwendigen Drucke von weniger als 100 mbar beispielsweise auch mittels eines Ventilators anstelle eines Kompressors erfolgen.

- 5 In den Fig. 31a,b ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des oben gezeigten erfinderischen Grundprinzips schematisch dargestellt. Die Druck/Zugelemente 2 können als flächige, polygonale Gitter ausgeführt sein, welche ihrerseits aus mehreren, mittels Verbindungen 22 zusammengefügt Teilelementen  
10 21 bestehen und ein Druck/Zuggitter 23 bilden. Zwei solcher Druck/Zuggitter 23 umschliessen einen oder mehrere Hohlkörper 3 und sind mittels Zugelementen 4 verbunden. Bei den Verbindungen 22, wo Teilelemente 2 aufeinanderstossen, sind die beiden Druck/Zuggitter 23 mit mindestens einem Zugelement 4  
15 verbunden, sofern nicht Teilelemente 21 aus verschiedenen Druck/Zuggittern 23 direkt aufeinanderstossen, wie beispielsweise am Rand des Plattenelementes 1 oder bei auf Auflagern 17 liegenden Verbindungen 22 innerhalb der Fläche des Plattenelementes 1. Zusätzlich können auch weitere Zugelemente 4  
20 entlang den Teilelementen 21 angebracht sein. Das Plattenelement in Fig. 25 könnte beispielsweise statt aus vier miteinander verbundenen durchgehenden Druck/Zugelementen 2 auch aus zwölf ein Druck/Zuggitter bildenden Teilelementen 21 mit vier Verbindungen 22 gefertigt werden. Die Verbindungen 22 müssen  
25 je nach Lastart Druckspannungen und/oder Zugspannungen aufnehmen und weiterleiten können. Die Verbindung 22 kann beispielsweise mittels eines zusätzlichen Verbindungselements, mittels Gelenken oder auch mittels fester unlösbarer Verbindung beispielsweise durch Schweissen oder Kleben realisiert  
30 werden.

Die Fig. 31a zeigt eine Isometrie des Plattenelementes 1, wobei das obere Druck/Zuggitter 23 der besseren Anschaulichkeit vom unteren getrennt dargestellt ist, der Hohlkörper 3 weggelassen wurde und an einigen Verbindungen 22 der Verlauf der  
35 Zugglieder 4 beispielhaft mit gestrichelten Linien dargestellt ist.

Die Fig. 31b zeigt eine schematische Draufsicht des Ausführungsbeispiels von Fig. 31a.

In Fig. 32 ist eine weitere Möglichkeit gezeigt, wie ein Druck/Zugelement in mehrere Teilelemente 21 geteilt werden kann. In Fig. 32 ist es denkbar, dass nebst den Auflagern 17 am Rand des Druck/Zuggitters 23 ein oder mehrere zusätzliche  
5 Auflager 17 innerhalb der Fläche des Plattenelementes 1 vorhanden sind. Der Hohlkörper 3 ist im Falle eines zusätzlichen Auflagers 17 in der Mitte des Druck/Zuggitters ringförmig, respektive im Wesentlichen torusförmig, und das obere und untere Druck/Zuggitter 23 stossen im Auflager 17 aufeinander  
10 oder sind mittels eines vertikalen Druckelementes verbunden.

Pneumatische Tragstrukturen können aus mehreren Plattenelementen 1 zusammengesetzt werden. Ein Plattenelement 1 mit Druck/Zuggittern 23 kann im Wesentlichen jede beliebige flächige Form aufweisen. Der Architekt oder Ingenieur hat insbesondere auch bei Kombination mehrerer Plattenelemente 1 eine  
15 sehr grosse Gestaltungsfreiheit.

Die Maschenform und Maschenweite der Druck/Zuggitter 23 kann an den tatsächlichen Spannungsverlauf im Plattenelement 1 angepasst werden. Die Teilelemente 21 können unterschiedliche  
20 Längen, Formen und Stabilitäten aufweisen und aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein. Beispielsweise können am Rand des Plattenelementes 1, in den Bereichen der Auflager 17, stärkere Spannungen auftreten, als im Innern der Fläche des Druck/Zuggitters 23.

25 Die erfindungsgemässen pneumatischen Plattenelemente 1 mit Druck/Zuggittern 23 eignen sich insbesondere für flächig verteilte Lasten, wie sie beispielsweise infolge Schnee- und Windlast bei Dachkonstruktionen auftreten.

Selbstverständlich sind viele weitere Formen solcher Plattenelemente 1 möglich, und diese können wiederum auf vielfältige Art und Weise zu grösseren Flächenstrukturen zusammengefügt werden. Ausgehend vom in Fig. 1 dargestellten Grundprinzip können die Druck/Zugelemente 2 in beliebiger Richtung und Anzahl auf die Oberfläche des mindestens einen Hohlkörpers 3  
35 verteilt werden, und auch der oder die Hohlkörper 3 können beliebige Formen annehmen.

Bei Verwendung der Plattenelemente 1 als schwimmende steife Behälter können die Hohlkörper 3 auch mit einer Flüssigkeit

gefüllt werden, beispielsweise mit Benzin oder Öl. Diese Behälter können als stationäre Tanks genutzt werden, oder sie eignen sich dank ihrer Steifigkeit auch gut dazu, von Schiffen geschleppt zu werden.

- 5 Werden die Hohlkörper 3 hingegen mit einem Gas, das leichter als Luft ist, beaufschlagt, so kann das Gewicht des Plattelementes 1 soweit reduziert werden, dass das ganze Element schwebt und einen statischen Auftrieb erfährt.

**Patentansprüche**

1. Pneumatisches Plattenelement (1)
  - mit mindestens einem gasdichten und durch Druckmedien
  - 5       beaufschlagbaren Hohlkörper (3) aus flexiblem Material,
  - ferner mit mindestens zwei den Hohlkörper (3) umfassenden Druck/Zugelementen (2) zur Aufnahme von Druck- und Zugkräften,
  - 10       - wobei jedes Druck/Zugelement (2) an seinen Enden kraftschlüssig mit den Enden eines anderen Druck/Zugelementes (2) verbunden ist,
  - dadurch gekennzeichnet, dass
  - zwischen den an ihren Enden miteinander verbundenen
  - 15       Druck/Zugelementen (2) mindestens ein Hohlkörper (3) liegt,
  - die Druck/Zugelemente (2) zusätzlich durch mindestens ein reines Zugelement (4) miteinander verbunden sind,
  - und dieses Zugelement (4) mittels des mindestens einen
  - 20       mit Druck beaufschlagten Hohlkörpers (3) unter Vorspannung gesetzt werden kann.
2. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannkraft im mindestens einen Zugelement (4) grösser ist als die Stabilisierungskraft, welche notwendig ist, um ein Ausknicken des in axialer Richtung auf Druck belasteten Druck/Zugelementes (2) zu verhindern.
- 25       3. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die in axialer Richtung immer auf Druck belasteten Druck/Zugelemente (2) als reine Druckelemente (7) und die in axialer Richtung immer auf Zug belasteten Druck/Zugelemente (2) als reine Zugelemente (8) ausgeführt sind.
- 30
- 35

4. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgespannten Zugelemente (4) den Hohlkörper (3) durchdringen.
- 5 5. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sowohl den Hohlkörper (3) durchdringende als auch ausserhalb des Hohlkörpers (3) vorbeiführende vorgespannte Zugelemente (4) aufweist.
- 10 6. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchführung des Zugelementes (4) durch den Hohlkörper (3) ohne kraftschlüssige Verbindung zwischen der Membran (9) und dem Zugelement (4) in Richtung dieses Zugelementes (4) erfolgt.
- 15 7. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Zugelement (4) durch eine in der Membran (9) angebrachte Öse (11) geführt wird, wobei diese Öse (11) mittels einer am Zugelement (4) anliegenden Dichtung (12) gasdicht verschlossen wird, und wobei diese Öse (11) mit Dichtung (12) auf dem Zugelement (4) axial verschoben werden kann.
- 20 8. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugelemente (4) durch gasdichte Kanäle (5) im Hohlkörper (3) geführt werden.
- 25 9. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (5) gebildet wird durch zwei Endstücke (13), welche durch ein Rohr (19) miteinander verbunden sind und die durch Öffnungen in der Membran (9) in den Hohlkörper (3) eingeführt werden können, wobei anschliessend die Endstücke (13) durch Klemmen, Kleben oder Schweissen gasdicht mit der Membran (9) verbunden werden können und so zusammen mit dem Rohr (19)
- 30 35

einen gasdichten Kanal (5) durch den Hohlkörper (3) bilden.

10. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 9,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (19) durch einen an den beiden Endstücken (13) gasdicht befestigten Schlauch (14) gebildet wird.
11. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentan-  
10 sprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass es in Richtung der Druck/Zugelemente (2) mindestens zwei im Wesentlichen parallel angeordnete Hohlkörper (3) aufweist.
12. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentan-  
15 sprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass es quer zur Richtung der Druck/Zugelemente (2) mindestens zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordnete Hohlkörper (3) aufweist.
- 20 13. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentan- sprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (1) in Richtung der Druck/Zugelemente (2) in mindestens zwei Teile zerlegt werden kann, wobei die  
25 Teilstücke der Druck/Zugelemente (2) lösbar, biegesteif und kraftschlüssig mittels Verbindungsstücken (20) miteinander verbunden werden können.
14. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentan-  
30 sprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens zwei parallel zueinander angeordnete Paare von miteinander an den Enden verbundener Druck/Zugelemente (2) aufweist.
15. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentan-  
35 sprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass es plattenförmige Druck/Zugelemente (2) aufweist, deren Querschnitte über ihre Länge variieren.



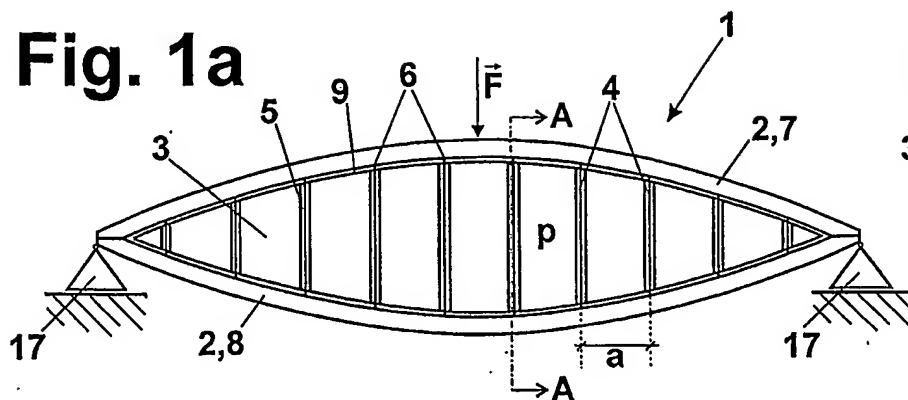
16. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Wesentlichen quer zwischen den Druck/Zugelementen (2) Querstreben (15) oder im Wesentlichen diagonal zwischen den Druck/Zugelementen (2) Windverbände (16) zur Aussteifung vorhanden sind.
17. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Druck/Zugelement (2) als Platte mit Aussparungen ausgebildet ist.
18. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass an ihren Enden miteinander verbundene Paare von Druck/Zugelementen (2) so angeordnet sind, dass ihre Enden ein Polygon bilden.
19. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass im Innern des Hohlkörpers (3) mindestens eine horizontale Zwischenmembran eingezogen ist, welche den Isolationswert des Hohlkörpers (3) erhöht und den konvektiven Wärmetransport in vertikaler Richtung verringert.
20. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Druck/Zugelemente (2) als flächige, polygonale Druck/Zuggitter (23) ausgeführt sind, und diese Druck/Zuggitter (23) ihrerseits aus mehreren, mittels Verbindungen (22) kraftschlüssig zusammengefügt Elementen (21) bestehen.
21. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass ein Paar Druck/Zuggitter (23) mindestens in allen Verbindungen (22) mittels Zugelementen (4) untereinander verbunden ist.

22. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 20 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilelemente (21) und die Verbindungen (22) in die Membran (9) des Hohlkörpers (3) integriert sind.
- 5
23. Pneumatisches Plattenelement (1) nach Patentanspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilelemente (22) aus faserverstärkten, biegbaren Kunststoffbändern bestehen.
- 10
24. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 22 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (1) einschliesslich der Membran des Hohlkörpers (3) und der Teilelemente (21), als Ganzes zusammenfaltbar oder einrollbar ausgeführt ist.
- 15
25. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilelemente (21) welche nur auf Zug belastet werden, als reine Zugelemente ausgeführt sind.
- 20
26. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (3) mit gasdichten Stegen in mehrere unabhängig voneinander mit Druck beaufschlagbare Kammern unterteilt ist.
- 25
27. Pneumatisches Plattenelement (1) nach einem der Patentansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druck/Zuggitter aus verschiedenen Teilelementen (21) von unterschiedlicher Form und Stärke gebildet wird.
- 30
28. Pneumatisches Tragstruktur bestehend aus Plattenelementen (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Plattenelemente (1) zu im Wesentlichen zweidimensionalen oder dreidimensionalen Strukturen zusammengefügt sind.
- 35

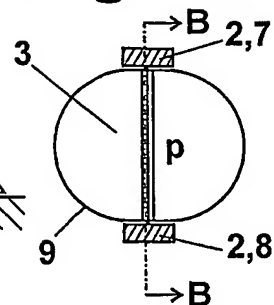
29. Verwendung mehrerer pneumatischer Plattenelemente (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 19 zur Kombination zu grösseren zusammenhängenden Flächenstrukturen.
- 5 30. Verwendung pneumatischer Plattenelemente (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 20 als Dach.
31. Verwendung pneumatischer Plattenelemente (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 20 als Brücke.
- 10 32. Verwendung pneumatischer Plattenelemente (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 20 als schwimmender steifer Behälter.
- 15 33. Verwendung pneumatischer Plattenelemente (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 20 bei Befüllung des mindestens einen Hohlkörpers (3) mit einer Flüssigkeit als schwimmender steifer Transport- oder Lagerbehälter.
- 20 34. Verwendung pneumatischer Plattenelemente (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 20 bei Beaufschlagung des mindestens einen Hohlkörpers (3) mit einem Gas leichter als Luft als schwebendes oder teilweise schwebendes Dach.

1/9

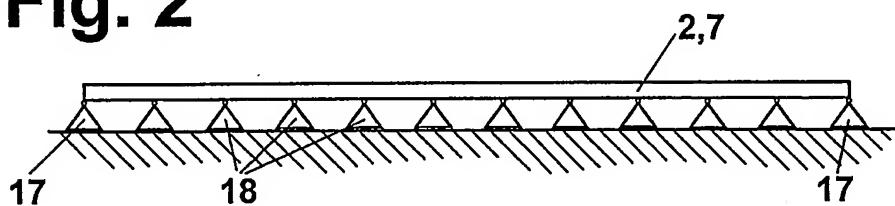
**Fig. 1a**



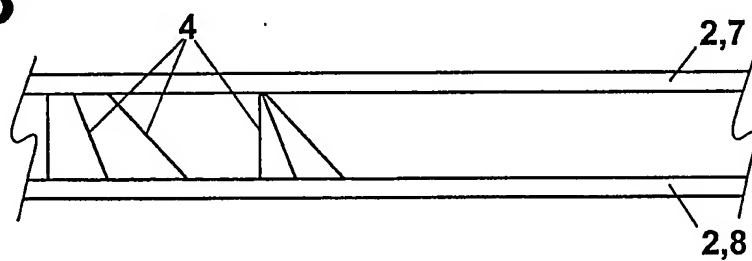
**Fig. 1b**



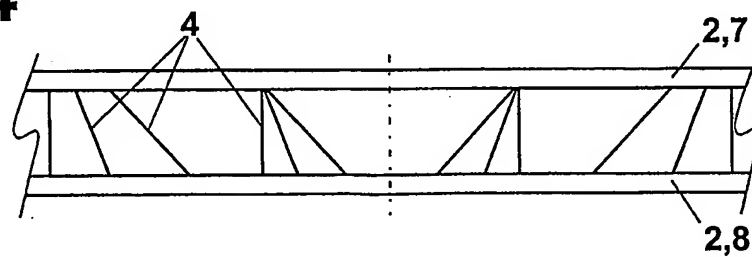
**Fig. 2**



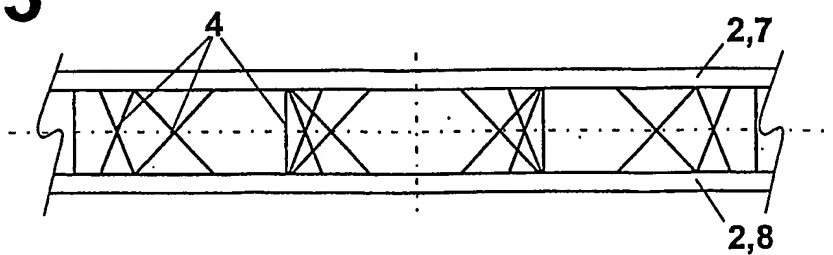
**Fig. 3**



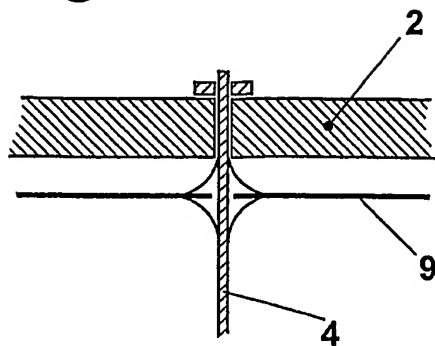
**Fig. 4**



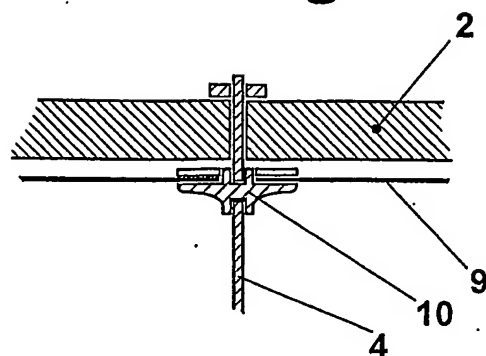
**Fig. 5**



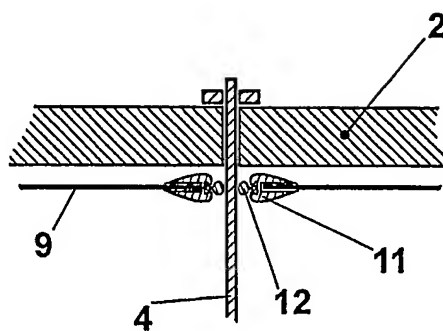
**Fig. 6**



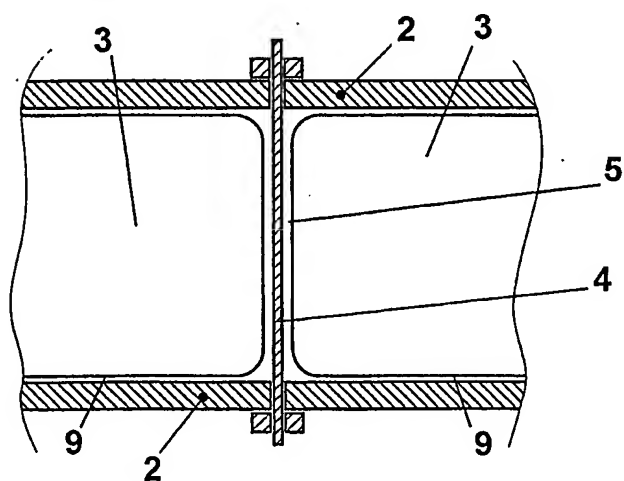
**Fig. 7**



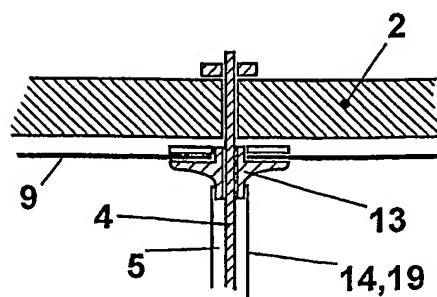
**Fig. 8**



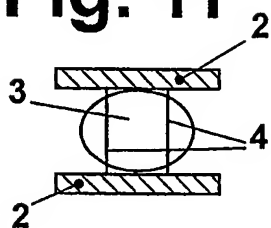
**Fig. 9**



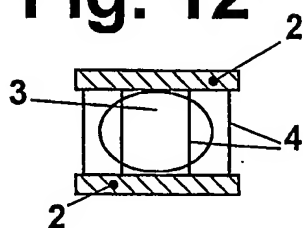
**Fig. 10**



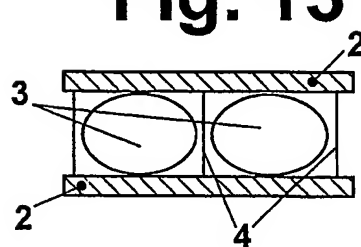
**Fig. 11**



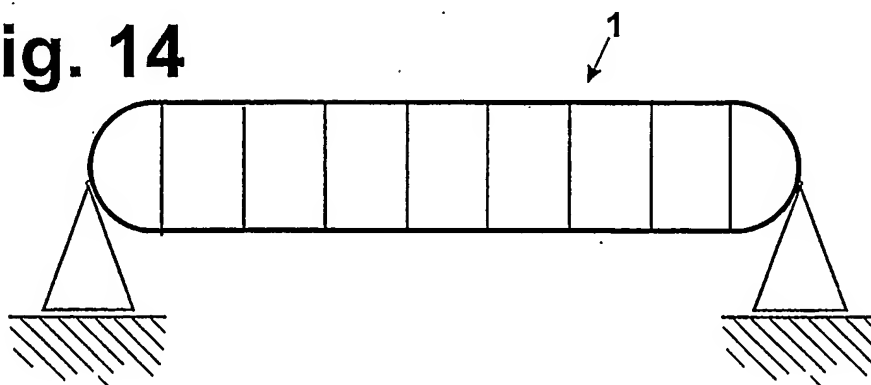
**Fig. 12**



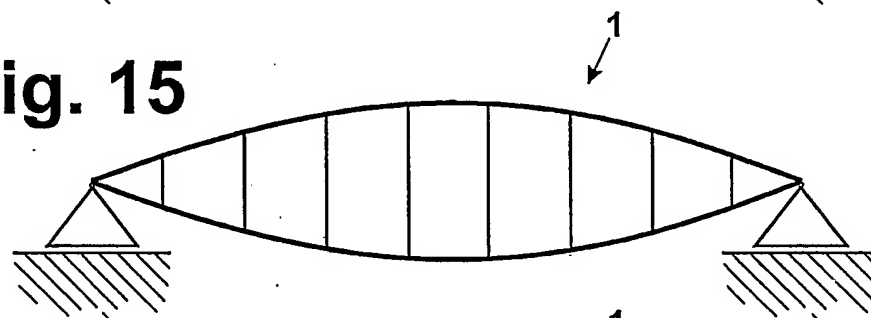
**Fig. 13**



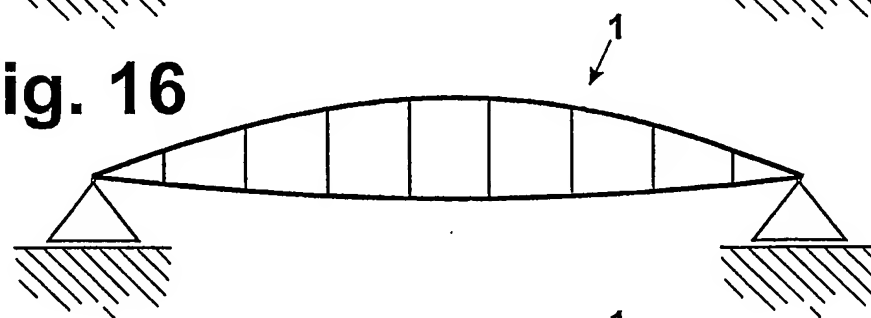
**Fig. 14**



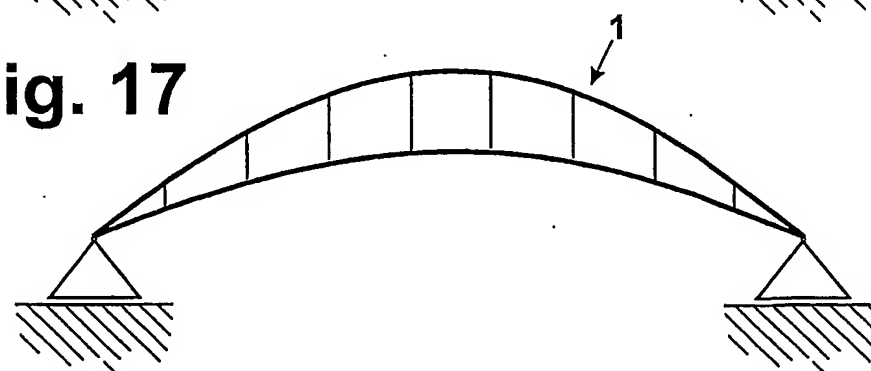
**Fig. 15**



**Fig. 16**

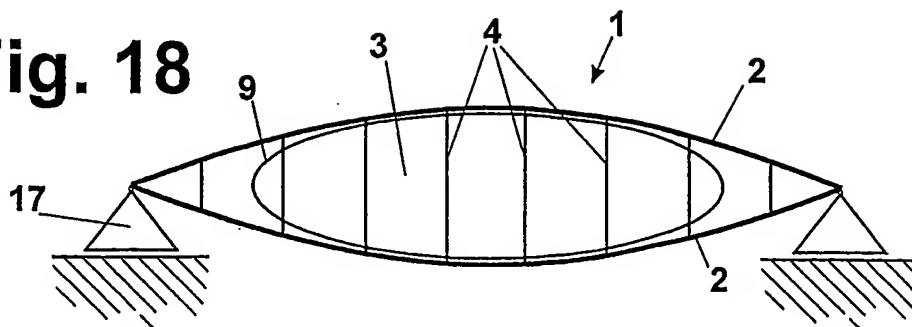


**Fig. 17**

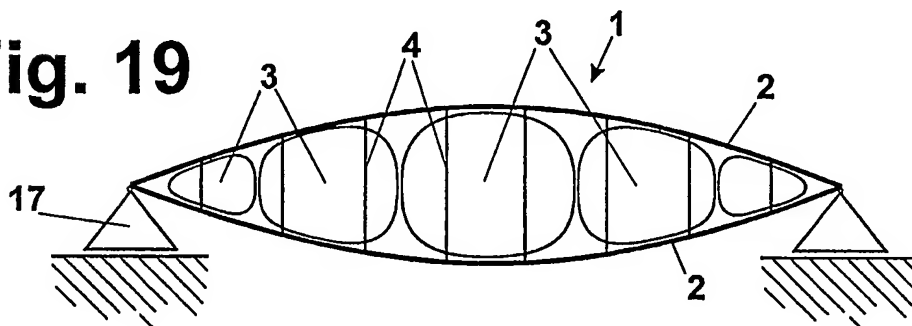


4/9

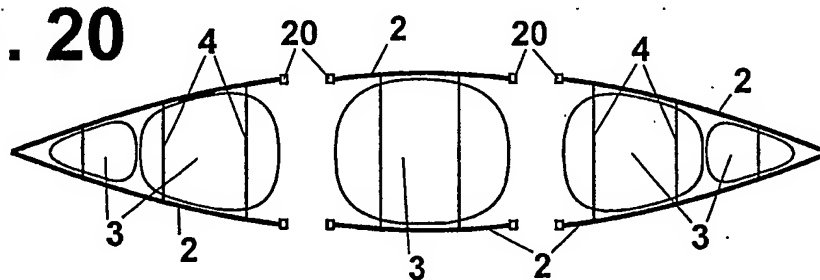
**Fig. 18**



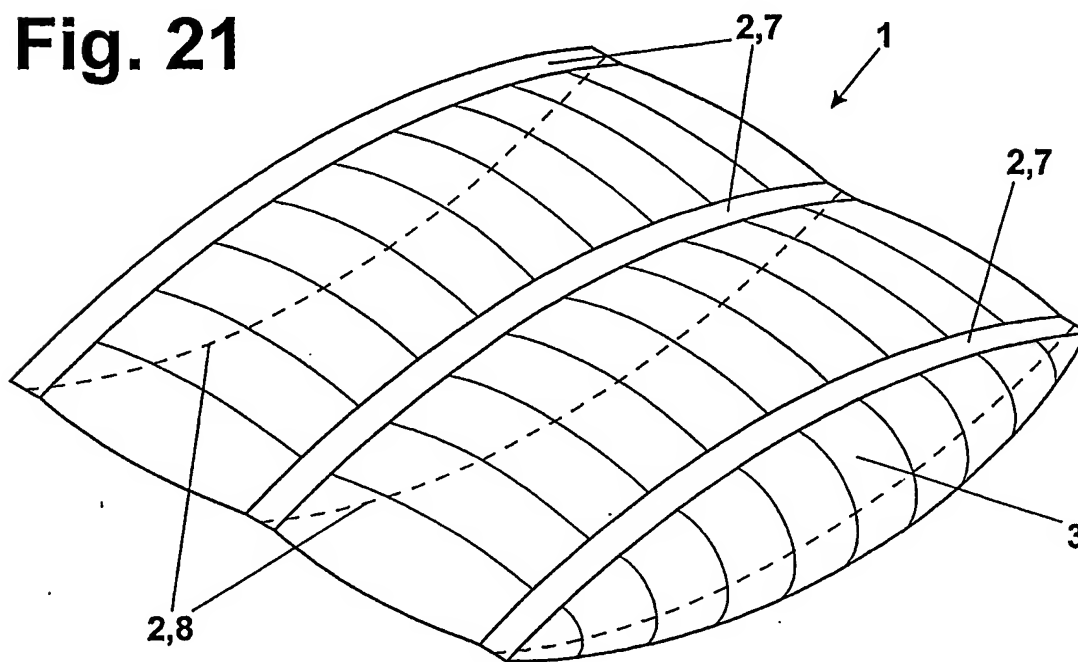
**Fig. 19**



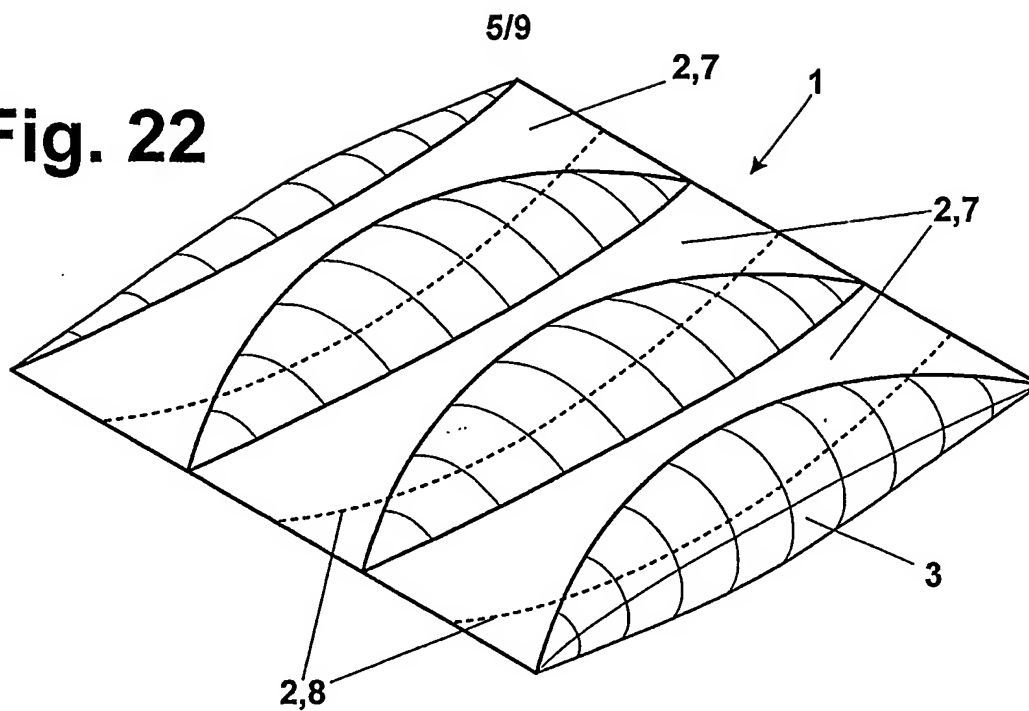
**Fig. 20**



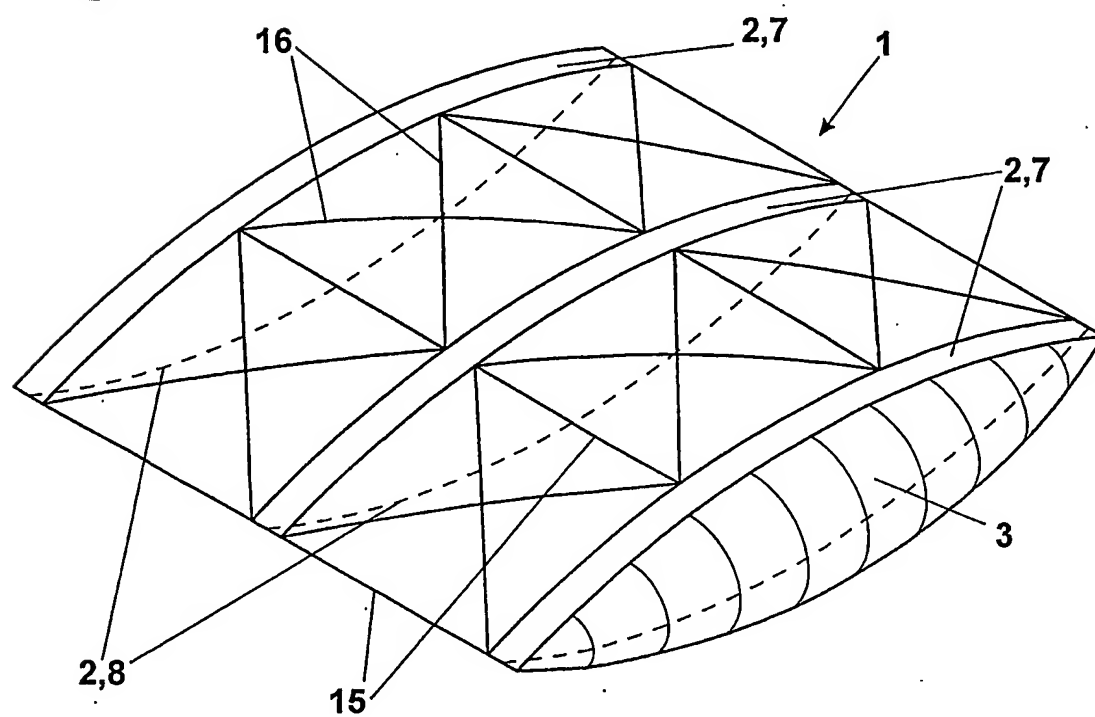
**Fig. 21**



**Fig. 22**



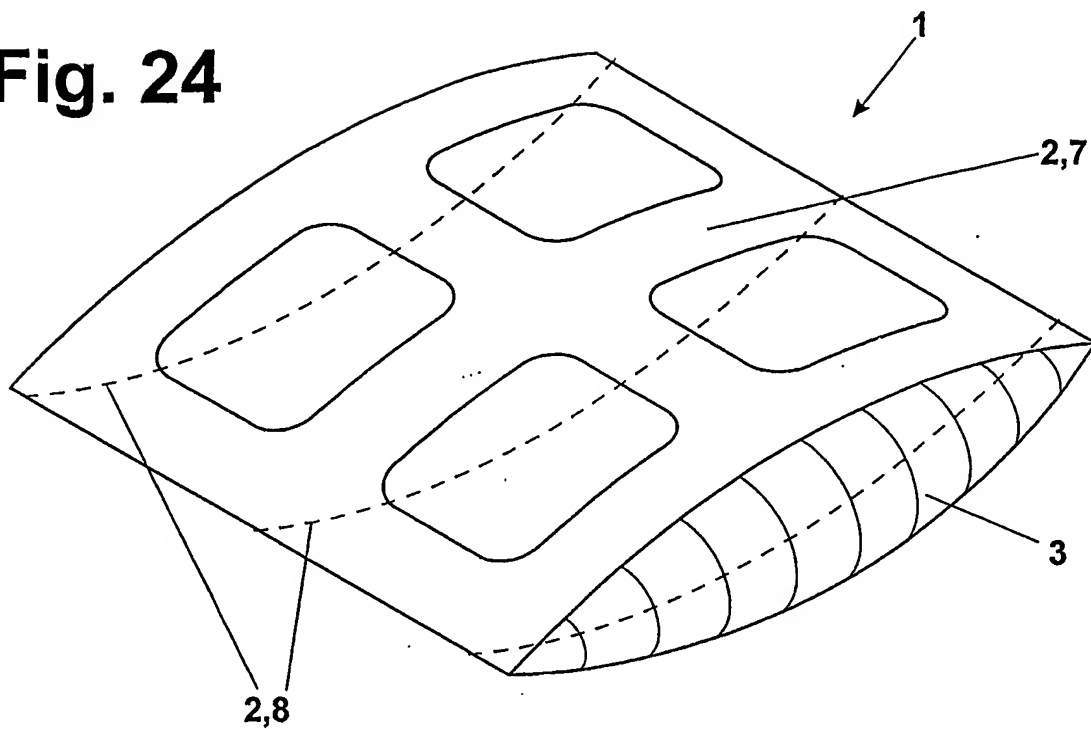
**Fig. 23**



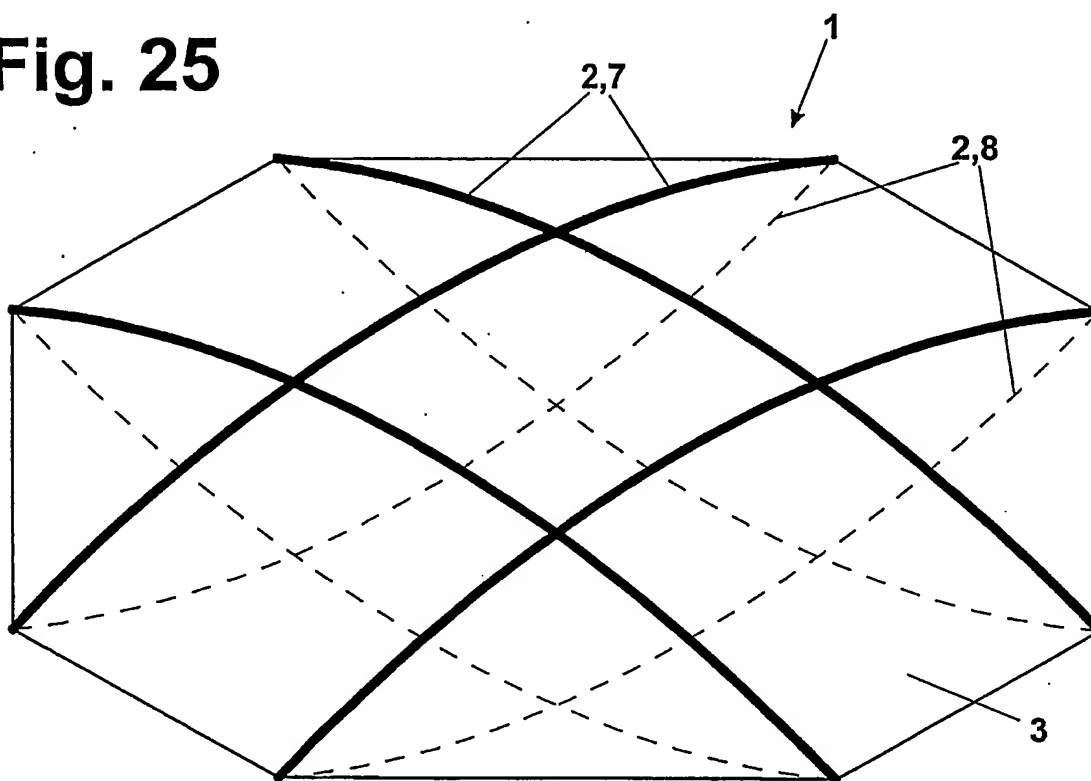


6/9

**Fig. 24**

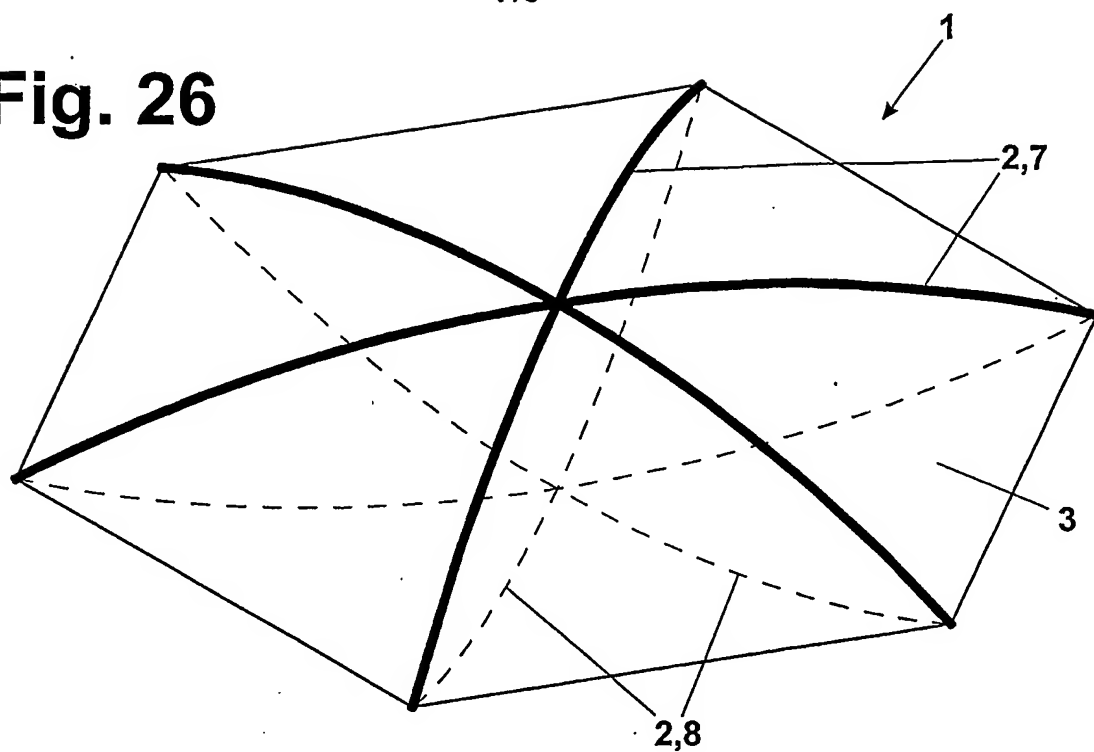


**Fig. 25**

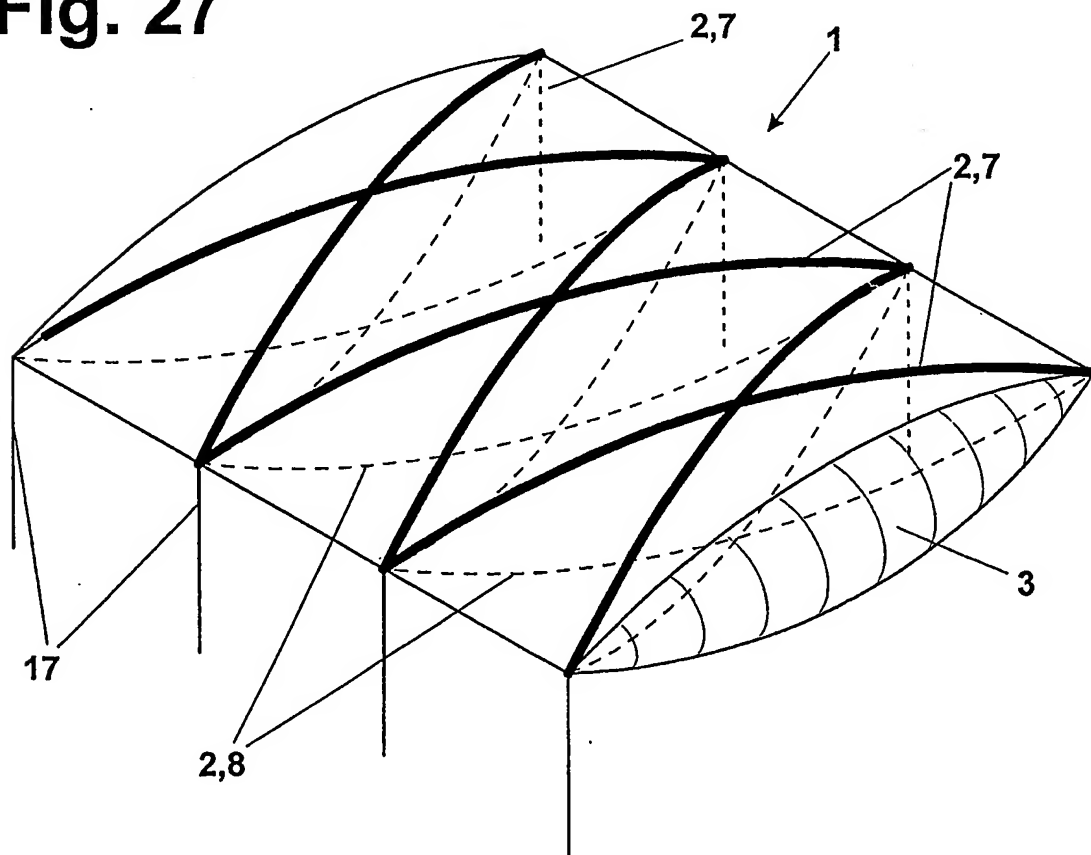


7/9

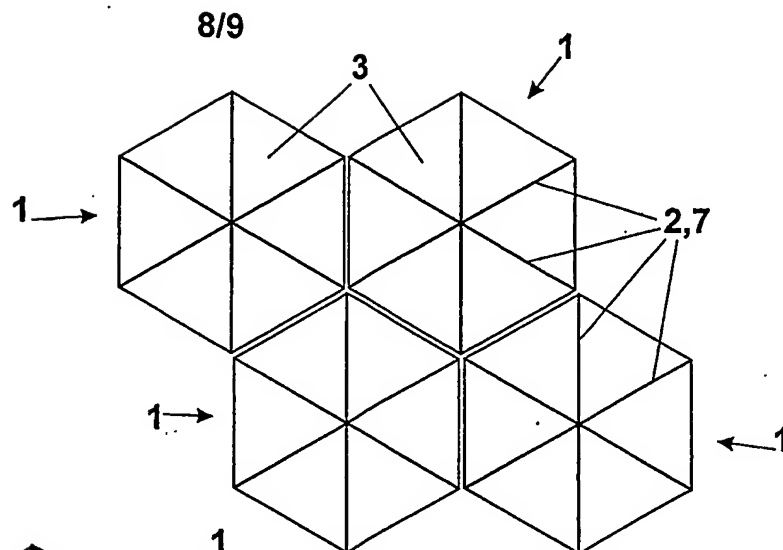
**Fig. 26**



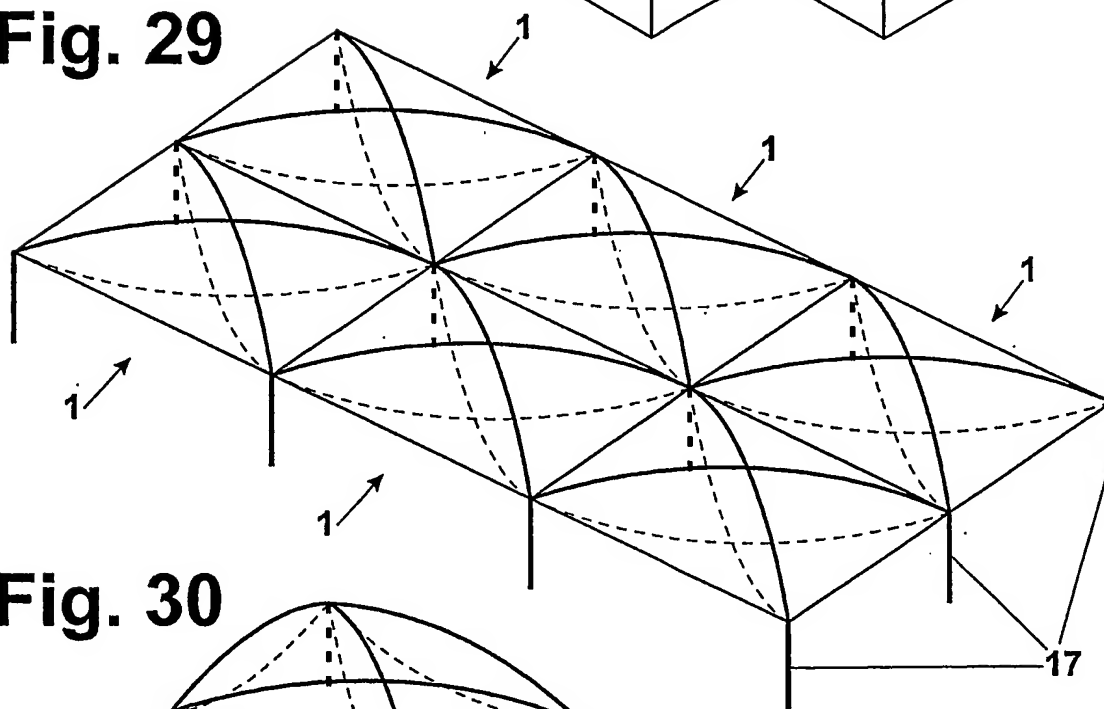
**Fig. 27**



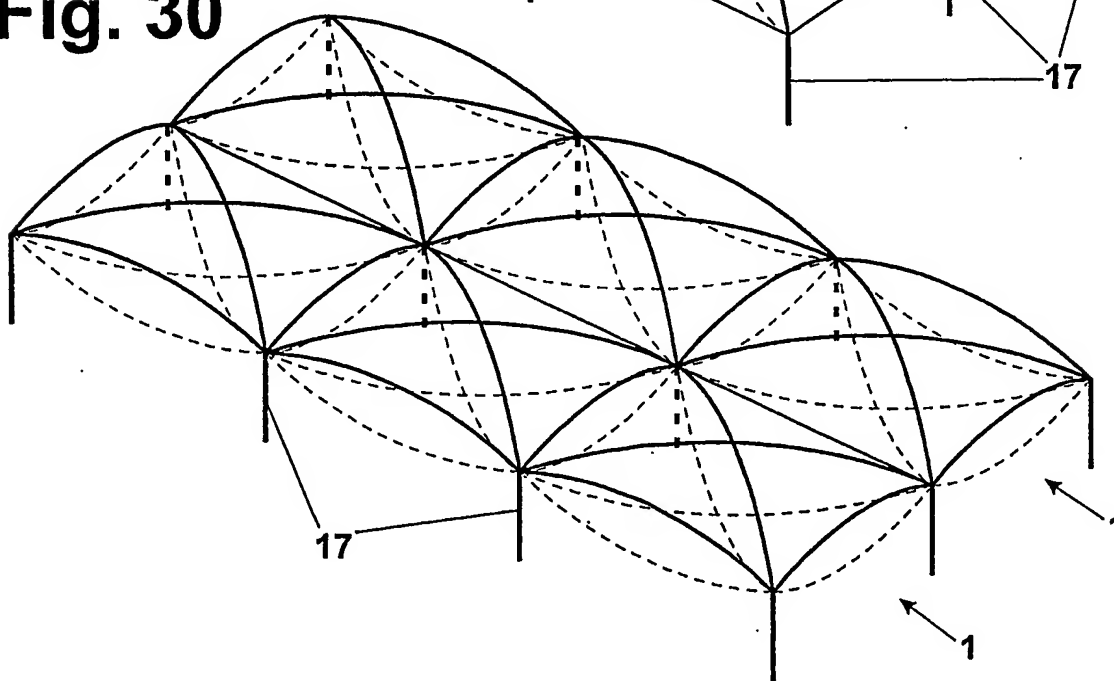
**Fig. 28**



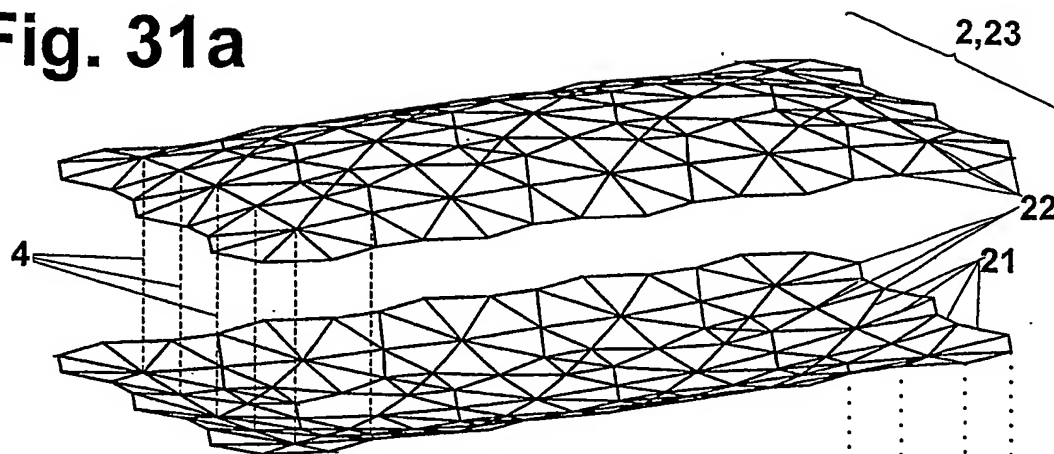
**Fig. 29**



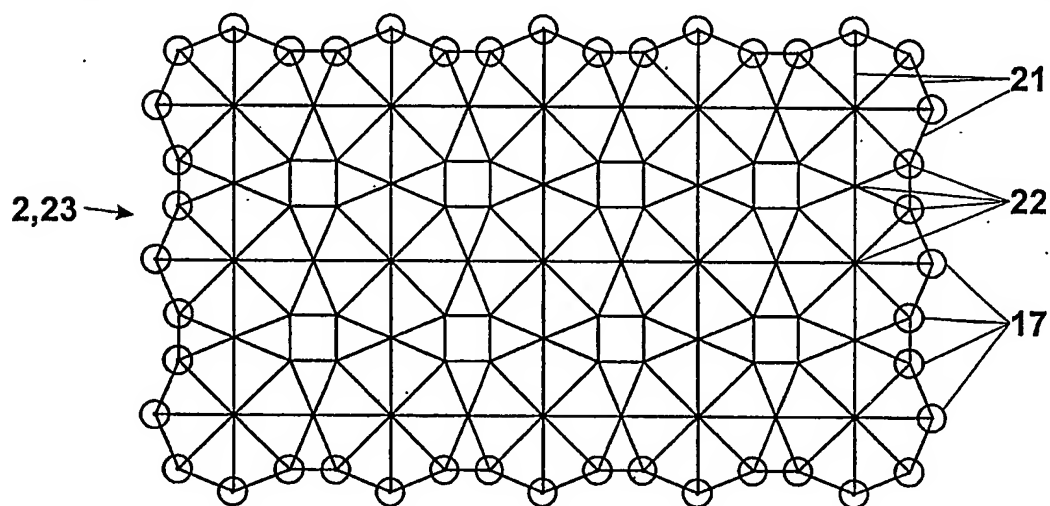
**Fig. 30**



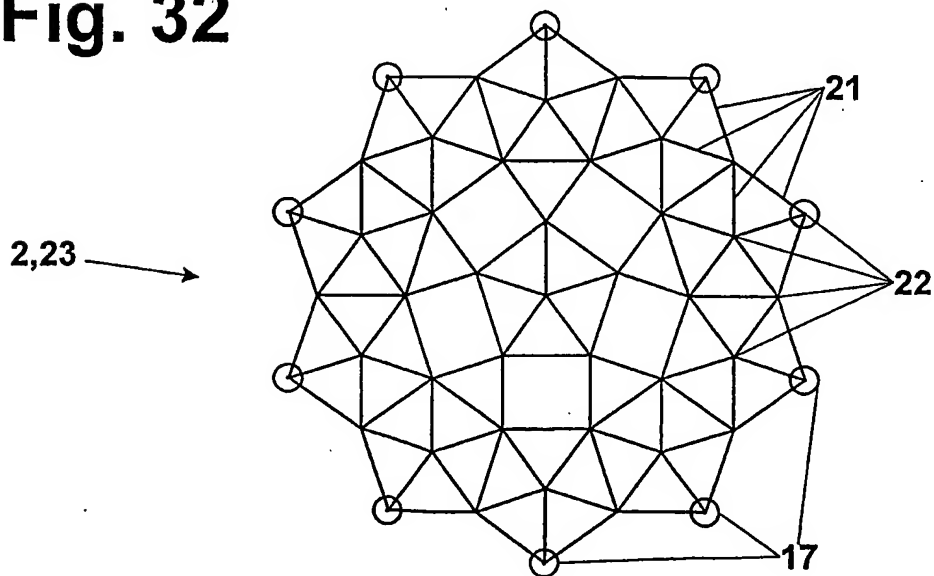
**Fig. 31a**



**Fig. 31b**



**Fig. 32**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**